

La pensée systémique

Les concepts

Conclusion et perspectives

PIERRE MONGEAU
Préface de DOMINIQUE ERPICUM

Ce qu'il y a d'idée ou de matière phonique dans un signe importe moins que ce qu'il y a autour de lui dans les autres signes. La preuve en est que la valeur d'un terme peut être modifiée sans qu'on touche ni à son sens ni à ses sons, mais seulement par le fait que tel autre terme voisin aura subi une modification.

Saussure

La pensée systémique constitue une grille conceptuelle qui met en valeur certains aspects de la réalité ainsi que peuvent le faire le marxisme, la psychanalyse, ou les croyances religieuses et ésotériques. Ni meilleure ni pire, elle est comme toutes constructions théoriques un outil servant à satisfaire les besoins humains de comprendre et de produire.

Toutefois une théorie donnée peut être plus ou moins adéquate selon la réalité que l'on cherche à comprendre ou à produire. Il est vraisemblable de croire que l'utilisation de concepts spécifiques pour la description d'une réalité sera d'autant plus appropriée que cette réalité sera semblable sinon isomorphe à celle qui a servi à les induire. Disons par exemple que l'arsenal conceptuel du marxisme a plus de chances que celui de la psychanalyse ou des croyances religieuses d'être approprié à la description et la compréhension d'une réalité politique.

En fait, l'adéquacité d'une grille dépend de la définition qui est donnée de l'objet d'étude. De plus, l'inverse est aussi vrai, c'est-à-dire que la définition choisie peut être fonction de la grille employée. Par exemple, si un syndicaliste et un patron ont le même objet d'étude (leurs rapports sociaux), ils peuvent le définir fort différemment en fonction de la grille idéologique que chacun utilise

pour observer et comprendre la réalité. De même en mathématiques, l'objet défini par l'équation $x^2 + 1 = 0$ était autrefois défini comme impossible ou inexistant sur la base du bagage conceptuel de l'époque. Il était inconcevable qu'un nombre mis au carré soit égal à -1, du moins jusqu'à la création des nombres complexes. Avec ce nouvel outil conceptuel, il devenait possible de résoudre l'équation et ainsi définir cet objet mathématique comme possible et existant, car $\sqrt{-1}$ est un nombre complexe qui résout l'équation: $(\sqrt{-1})^2 + 1 = 0$.

La compréhension d'un phénomène exige de circonscrire d'une manière spécifique la réalité observée ainsi que les signes employés pour sa représentation symbolique. Avant qu'une compréhension théorique soit en mesure de produire des énoncés du type "si cela... alors cela", les variables à propos desquelles cet énoncé est fait doivent, comme le note Rapoport (1972), être spécifiques c'est-à-dire mises en évidence et clairement définies.

La recherche de ces variables fait partie intégrante de l'investigation théorique. Le travail de définition et d'identification des variables s'inscrit au coeur même de l'effort scientifique pour circonscrire la réalité. Toujours selon Rapoport (1972), une théorie peut n'être rien de plus qu'un schème de classification et de définition de diverses variables et de leurs relations. Conséquemment la tâche de la théorie générale des systèmes peut se définir comme suit: préparer des définitions et classifications de systèmes qui pourraient vraisemblablement générer une fructueuse théorie au sens strict. Aussi la suite de ce travail consistera-t-elle en un effort constant pour définir des concepts et variables essentiels à la pensée systémique.

Théories systémiques

Pour Bertalanffy (1972), la théorie générale des systèmes est un modèle de certains aspects généraux de la réalité. Ceci est vrai sauf que chaque auteur définit la réalité systémique à sa manière particulière et différente. Il ne s'agit donc pas d'une théorie universelle mais de plusieurs conceptions distinctes. Par exemple, et tel que recensé par Klir (1972) la théorie générale des systèmes est une théorie formelle pour Mesarovic et Wymore, une méthodologie pour Ashby et Klir, une façon de penser pour Bertalanffy et Churman, une manière d'envisager le monde pour Weinberg, une recherche de la simplification optimale pour Ashby et Weinberg,

un outil d'éducation pour Boulding, Klir et Weinberg, un métalangage pour Löfquen, ou encore une profession pour Klir.

Le vocable "théorie générale des systèmes" réfère ainsi plus à un ensemble de démarches personnalisées visant à comprendre les lois qui régissent le monde des complexités organisées qu'à une construction théorique intégrée. Aussi tel que le mentionne Klir (1972), la comparaison des diverses approches de la théorie des systèmes et de leurs charpentes conceptuelles respectives peut être vraiment difficile. Par exemple la comparaison de théories construites par axiomatisation peut devenir un exercice sophistiqué de formalisation métaphorique puisqu'alors un même concept (utilisé dans des contextes théoriques différents) peut représenter des réalités distinctes. Par ailleurs s'il s'agit de théories construites par induction, ce sont des difficultés d'ordre sémantique qui peuvent survenir car une même réalité pourrait alors être désignée par des concepts différents.

Malgré toutes ces difficultés, Mesarovic (1972) relève un important point commun à toutes pensées systémiques, à savoir que l'explication s'appuie toujours sur l'observation de quelle façon circule l'information, et comment sont poursuivis les buts du système; ou autrement dit sur l'observation de l'organisation, ce sans référence explicite à la nature (physique, biologique, sociale, etc.) du mécanisme observé. Ce point commun au niveau de l'observation est en fait une définition essentielle de l'objet d'étude de la théorie des systèmes. Elle étudie le traitement de l'information dans un système, ainsi que l'impact de ce traitement sur ce même système. C'est sur la base de cette définition que sera exploré ici l'assemblage de notions que constitue la pensée systémique.

Les différences entre les diverses approches théoriques du fonctionnement d'un système résultent en fait d'une mésentente non pas sur la définition de l'objet d'étude mais plutôt au niveau de la procédure d'investigation. Certains, comme Mesarovic (1972), voudront déduire les règles du système sur la base d'une correspondance avec un modèle théorique et d'autres, comme Klir (1972), voudront plutôt induire ce modèle théorique sur la base de règles observées dans le système réel. Il s'agit là du conflit entre les deux pôles nécessaires d'une démarche heuristique, la déduction et l'induction. L'induction permet la découverte des lois spécifiques au phénomène étudié, tandis que la déduction permet d'en généraliser les résultats à d'autres

phénomènes. La synthèse est une démarche de rétroaction entre la spécificité de l'objet réel et la généralité du modèle théorique. Ainsi que l'affirme Delattre (1971), l'accès à la description complète d'un système ne relève pas exclusivement de la méthode analytique et déductive, qui va de la définition des caractéristiques à l'énoncé des propriétés, mais aussi de la méthode synthétique et inductive, qui va de l'observation des propriétés aux nécessités qu'elles impliquent quant aux caractéristiques internes du système.

Orchard (1969) a établi une typologie des théories systémiques sur un continuum allant de la spécificité à la généralisation selon quatre niveaux rapportés au tableau 1. Les théories de type 1 sont directement reliées aux systèmes particuliers dont elles sont issues. A l'opposé, les théories de type 4 traitent de systèmes abstraits et ne sont rattachées à aucun contenu spécifique.

Précisément, la première catégorie concerne les théories spécifiques des systèmes mécanique, chimique, biologique, social, économique, électrique, linguistique, etc. Les théories de type 1 se préoccupent particulièrement des traits caractéristiques du système étudié qui s'inscrivent dans les limites de la discipline concernée, alors qu'elles ignorent les traits expressément reliés au fait que l'objet d'étude soit un système. L'apport de ces théories a habituellement un intérêt limité à la discipline concernée.

Les théories de type 2 peuvent être des théories issues de différentes disciplines et qui se recoupent à certains égards. Certaines classes de systèmes peuvent être plus qu'analogues sur quelques aspects; ils peuvent être isomorphes. Il devient alors possible de généraliser certains traits communs. Par exemple, l'isomorphisme entre des circuits mécanique et électrique amène une théorie des circuits généralisée qui peut s'appliquer tout aussi bien aux circuits thermiques et acoustiques. Toutefois le niveau de généralisation demeure faible, et il est préférable, toujours selon Orchard (1969), d'appeler ces théories "théories des systèmes généralisés" plutôt que "théorie générale des systèmes".

Les théories de type 3 se distinguent en ce qu'elles satisfont ces trois énoncés:

1. Elles sont au moins applicables à tout système fini;
2. Elles reflètent des traits fondamentaux communs à tout système;

Tableau 1
Spectre des théories systémiques

Théories mathématiques des systèmes abstraits; trop généralisées pour produire une méthodologie utilisable; elles établissent les lignes directrices.	Théories orientées vers les systèmes qui cherchent à atteindre tous les traits systémiques fondamentaux.	Théories des systèmes avec quelques résultats généraux.	Théories des systèmes où un ou des traits, possiblement non fondamentaux, sont généralisés; ordinairement appliquées.	Théories orientées vers une discipline particulière.
4	3	2	2	1
Haut niveau de généralisation; aucun contenu particulier.	Applicables à tous systèmes ou au moins aux systèmes finis; contenus généraux et possibilité de méthodologie spécifique.		Applicables à plusieurs systèmes dans différentes disciplines.	Bas niveau de généralisation; beaucoup de contenus spécifiques.
Théories générales des systèmes	Théories des systèmes orientées vers les systèmes généraux		Théorie des systèmes généralisés	Théories de systèmes spécifiques ou spéciaux

3. Elles renferment des principes méthodologiques généraux.

Une théorie satisfaisant ces conditions peut être appelée "théorie générale des systèmes". Il peut alors exister plusieurs théories générales des systèmes s'appuyant sur différents traits fondamentaux des systèmes. De tels développements théoriques distincts et valables nécessitent une intégration périodique afin d'accéder à des contenus d'un ordre plus grand et à des applications plus variées.

Les théories de type 4 sont d'un ordre élevé de généralisation. Essentiellement, il s'agit des théories mathématiques des systèmes qui travaillent sur la base de définitions formelles. Elles ne sont pas nécessairement riches en contenu mais selon le même auteur, elles jouent le rôle de guide en élaborant des principes généraux.

En résumé, comme le dit Delattre (1971), établir une théorie générale des systèmes implique d'abord que l'on ne considère pas tel ou tel système particulier avec l'ensemble des données qui le définissent entièrement, mais plutôt que l'on procède à une véritable généralisation en ne tenant compte que d'un certain nombre de caractéristiques typiques. On aboutit ainsi à étudier les propriétés communes à toute une catégorie de systèmes qui possèdent les caractéristiques retenues, même s'ils diffèrent entre eux par les caractéristiques qui ont été volontairement rejetées.

Isomorphisme

Comme le souligne van Gigch (1974), l'emploi du terme "généralisation" est équivalent à celui d'"isomorphisme" dans le jargon de la théorie générale des systèmes, parce que la force de généralisation d'un modèle théorique dépend de sa capacité à être structurellement isomorphe au réel étudié. L'objectif de la pensée systémique, poursuit van Gigch, est la recherche de similarités de structure et de propriétés des phénomènes communs à différents systèmes de différentes disciplines. En faisant cela, on cherche à augmenter le degré de généralité des lois qui peuvent s'appliquer aux champs de recherche voisins. L'isomorphisme, insiste Bertalanffy (1968), est plus qu'une simple analogie. C'est la conséquence du fait que sous certains aspects, des abstractions et des modèles conceptuels peuvent s'appliquer à des phénomènes différents. Ce n'est que sous cet aspect que s'appliqueront les lois des systèmes.

L'isomorphisme se définit comme la propriété que possèdent deux ou plusieurs corps de constitution analogue. Il s'agit d'une corres-

pondance entre deux ensembles, rendue apparente par l'existence d'un même ensemble de relations. Cependant l'isomorphisme est plus qu'une analogie car celle-ci, précise Deutsch (1966: voir Kammler, 1974), désigne une correspondance structurelle limitée. Autrement dit, l'analogie est une similitude superficielle de phénomènes qui ne se correspondent ni par leurs causes ni par les lois qui les gouvernent. Par exemple, la comparaison de la croissance d'un organisme avec celle d'un cristal. Il y a bien certaines similitudes mais les structures de croissance sont essentiellement différentes (Bertalanffy, 1968).

Le concept même d'isomorphie a été tiré des mathématiques. En fait, tel que le précise Rapoport (1968c), il s'agit d'une homologie mathématique. Les homologies, par opposition aux analogies, sont les cas où les facteurs qui agissent sont différents mais où les lois sont identiques sur le plan formel. Ces homologies ont en science une importance considérable comme modèles conceptuels. Par exemple, on peut concevoir l'écoulement du courant électrique comme similaire à l'écoulement d'un liquide. L'homologie ou homomorphisme entre deux systèmes de relations signifie que les propriétés de l'un se retrouvent dans l'autre. C'est l'homologie logique qui rend possible l'isomorphisme entre les sciences puisqu'elle n'implique pas la réduction d'une discipline à une autre de niveau inférieur. Elle est plus qu'une simple image ou qu'une analogie, elle est plutôt une correspondance formelle qui existe dans la réalité (Bertalanffy, 1968).

En mathématiques, deux objets sont isomorphes s'il existe une correspondance de un-à-un entre les éléments de l'un et ceux de l'autre, et si les relations entre les éléments sont conservées par la même correspondance. Par exemple, si deux systèmes physiques obéissent aux mêmes lois mathématiques, ils sont isomorphes l'un à l'autre (Rapoport, 1968c). Réciproquement si deux systèmes sont isomorphes l'un à l'autre, alors ils obéissent aux mêmes lois mathématiques; cela implique que ce qui est vrai pour l'un l'est aussi pour l'autre.

Sachs (1976), en s'inspirant d'une analyse de l'emploi dans la littérature du concept d'isomorphisme structurel, en arrive à une définition propre à l'usage que la pensée systémique fait de ce terme :

Une entité A est isomorphe par rapport à un ensemble de propriétés significatives d'une entité B si toutes les propriétés significatives de A sont identiques à toutes les propriétés significatives de B prises en considération (p. 152).

Cette définition implique qu'au niveau formel, les systèmes isomorphes sont ceux qui satisfont à des équations fondamentales identiques, bien que les variables et fonctions qui y figurent aient un contenu physique totalement différent (Regal, 1965: voir Plante, 1969). Par exemple, le champ électrique et le champ magnétique diffèrent dans leur nature physique tout en répondant aux mêmes lois mathématiques. Il est important de saisir que la notion d'isomorphisme ne s'appuie aucunement sur la nature des éléments et systèmes concernés. Elle s'appuie plutôt, tel que le souligne van Gigh (1974), sur la façon dont les systèmes sont organisés, sur les moyens qu'ils emploient pour recevoir, emmagasiner, traiter et rappeler l'information et sur la manière dont ils fonctionnent, c'est-à-dire la manière dont ils se comportent, répondent et s'adaptent aux différentes données de l'environnement. Par exemple, les champs électrique et magnétique réagiront de façon similaire à l'entrée de particules métalliques dans leur champ de force.

Par ailleurs si deux systèmes concrets peuvent être dits conceptuellement isomorphes l'un à l'autre lorsque tous deux peuvent être représentés par le même modèle mathématique, certains aspects de la réalité ne peuvent être formalisés de façon mathématique à cause de leurs dimensions qualitatives (tel que l'on peut en retrouver en sciences humaines, histoire, psychologie, sociologie, etc.). C'est ce qui fait dire à Bertalanffy (1968) qu'un modèle verbal vaut mieux que pas de modèle du tout. Alors, afin de généraliser la définition de l'isomorphie systémique aux systèmes plus qualitatifs, celle-ci peut être limitée à la notion d'identité structurelle donnée par Sachs (1976) (voir ci-dessus) et Plante (1969): deux systèmes sont isomorphes lorsqu'ils ont la même structure, c'est-à-dire lorsque toutes relations significatives existant entre deux éléments de l'un des systèmes se retrouvent entre les éléments correspondants de l'autre système.

Cette définition de la relation d'isomorphie s'applique tout aussi bien entre le modèle théorique et le système concret qu'il représente, qu'entre deux modèles théoriques ou qu'entre deux systèmes concrets. Ceci implique que tout ensemble de fonctions mesurables et quantifiables entre des systèmes concrets isomorphes doit pouvoir être représenté par un même modèle mathématique. La généralisation d'un modèle théorique exige qu'il soit isomorphe aux systèmes étudiés à la fois sur le plan structurel et fonctionnel, c'est-à-dire que les réactions et comportements du modèle doivent représenter fidèlement ceux du système.

En conclusion, la notion d'isomorphisme est la pierre angulaire de la pensée systémique. Elle représente sa puissance de généralisation et sa force d'intégration. C'est sur les isomorphismes entre les divers domaines que la pensée systémique veut fonder sa vision unitaire du monde (c'est-à-dire en portant son attention sur les isomorphismes entre les constructions conceptuelles de chaque discipline car ceux-ci désignent qu'il y a uniformité structurelle des théories appliquées). En termes clairs, cela signifie que l'ensemble des événements observables présente des uniformités structurelles qui se manifestent aux divers niveaux théoriques ou dans les diverses disciplines par des traces d'ordre isomorphe (Bertalanffy, 1968).

Système

La notion de système pour sa part constitue la base et le cœur de la pensée systémique. C'est entre des systèmes qu'on établira une relation d'isomorphie. C'est entre des systèmes qu'on tentera d'établir un modèle général. C'est le fonctionnement du système qu'on tentera de comprendre, etc. Par "système" on désigne couramment une réalité trop complexe, quasi incompréhensible, que l'on sait pourtant être organisée et ordonnée. Aussi, tel que le rappelle Zifferblatt (1972), le terme "système" renferme une multitude de fautes et d'euphémismes: nous sommes les produits du système; notre système de taxation est injuste; nous avons un excellent système stéréophonique et un autre excellent système pour la photographie. Nous avons aussi un système pour le poker, les courses de chevaux et le bingo. Nous sommes bombardés par un jargon conceptuel à propos de notre système biologique, économique, politique, psychologique et social. Toutefois derrière toutes ces références aux systèmes il y a un souci commun d'exprimer des interrelations en regardant la totalité afin d'observer comment toutes les parties fonctionnent ensemble.

De par sa racine grecque *systema*, le mot "système" veut dire "mettre ensemble". Il recouvre les notions d'assemblage et d'interdépendance (Parkman, 1972). Selon Plante (1969), les traits essentiels qui forment le concept de système sont la pluralité des éléments, les relations qui existent entre ces éléments et le caractère unifié de l'ensemble. Les éléments, ajoute Plante, peuvent être à peu près n'importe quoi, que ce soit dans l'ordre concret ou dans l'ordre abstrait, dans l'ordre naturel ou dans l'ordre artificiel.

Avant même d'être clairement définie, la notion de système est devenue un instrument d'analyse, un outil intellectuel qui invite à déceler des ensembles dans la réalité, c'est-à-dire des groupements

d'éléments ayant quelque chose de commun. Un système est un point de vue, une *gestalt*, une manière de regarder le monde, dit Weinberg (1975). D'ailleurs, tel que le souligne Rosnay (1975), c'est la notion de système qui est féconde. Une stricte définition du mot semble toujours insatisfaisante car sa portée ne tient pas à la précision des définitions. Elle ne se révèle et ne s'enrichit que sous l'éclairage indirect des multiples faisceaux de l'expression analogique et métaphorique qui élabore des modèles. De plus, un système n'est pas tant une réalité qu'un construit conceptuel car il est, comme le note Meister (1976), organisé autour de transformations (des entrées aux sorties, des stimuli aux réponses) qui sont invisibles; tout ce que chacun voit est le produit de ces transformations. Ce qui a lieu à l'intérieur du système, tel le comportement humain en général, peut être inféré seulement à partir des entrées antécédentes et des sorties consécutives. Un système, dit Churchman (1968), c'est une entité structurelle ou conceptuelle qui nous aide à comprendre ces entités qui fonctionnent ou opèrent comme un tout en raison de l'interdépendance de leurs parties.

Plusieurs définitions ont été données du mot "système". La plus courante définit le système comme un ensemble d'éléments en interactions. Nombre d'auteurs (Parkman, 1972; Rapoport, 1968c; Rosnay, 1975) considèrent cette définition par trop générale. Certains ont tenté de la préciser mais leurs tentatives ne semblent pas tant spécifier la réalité du mot "système" comme de mettre en valeur une partie de la définition au détriment de l'autre; c'est-à-dire que certains mettent plus l'accent sur la présence observable des éléments en relations, alors que d'autres insistent davantage sur l'ensemble des relations entre les éléments plutôt que sur les éléments eux-mêmes. Ainsi Bertalanffy (1968) définit un système comme un ensemble d'éléments en interactions entre eux-mêmes et l'environnement; pour Hartley (1969), un système consiste en deux ou plusieurs éléments et leurs relations entre eux, qui forment de par leurs interrelations une entité identifiable. Entre les deux pôles, éléments et relations, van Gigch (1974) définit à son tour le système comme un assemblage ou un ensemble d'éléments interreliés. Il introduit dans sa définition la notion d'assemblage qui met davantage l'accent sur la structure des interrelations. De même, Parsons (1968) écrit que le système est un concept qui réfère à la fois à un complexe d'interdépendance entre les parties et les processus qui entraîne d'une manière discernable une régularité des relations, et une interdépendance d'un type similaire entre un tel complexe et son environnement immédiat. Angyal (1941) se situe au pôle du continuum éléments-relations lorsqu'il écrit:

... dans l'utilisation du terme système nous faisons abstraction des éléments constituants et nous référons uniquement à l'organisation du tout. Ainsi un système est pour notre discussion une organisation holistique (p. 20)¹.

Pour Wilden (1972), le système est distinct de ses parties de par son organisation. Ce n'est pas un agrégat. Il poursuit: "... le comportement du tout est plus complexe que la somme des comportements de ses parties" (p. 202). Il est appuyé en cela par Miller (1965) qui dit: "Il y a au moins une mesure de la somme des unités qui sera plus grande que la somme de cette mesure chez ces unités" (p. 217). Ces idées rejoignent Angyal (1941) qui dit qu'il est significatif que dans un agrégat les parties soient additionnées, alors que dans un système les parties sont arrangées. De plus, tel que le note Kremyanskiy (1958), la nature des éléments n'est aucunement affectée par leur entrée ou leur vie au sein d'un agrégat. Parkman (1972) précise que c'est seulement par la qualité du mode d'interrelation qu'une collection de composantes peut exprimer une "totalité". Buckley (1968) fait remarquer que le "plus que" (le plus que la somme des parties) indique le fait de l'organisation. Sans ce "plus que", il n'y aurait pas de système, mais seulement des éléments disposés côte à côte. Le système est le lien organisationnel et structurel entre les éléments.

La "raison-d'être-ensemble" des éléments est la finalité du système. Le support de l'organisation entre les éléments est la finalité propre. Un système selon Parkman (1972) est un étalage de principes ou de parties reliées dont la cohérence apparaît en portant attention à l'accomplissement d'un objectif. Plus directement, un système est une organisation de parties interdépendantes qui subordonnent de façon quelconque leurs intérêts à celui de l'ensemble (Finterbusch, 1974). Popper (1973) est plus concis; pour lui un système est un ensemble d'éléments distincts groupés dans une certaine finalité.

Historiquement, la notion de système constitue, comme le soulève Laszlo (1972), l'émergence d'une vision contemporaine de la complexité organisée, un pas au-delà de la vision newtonnienne de la simplicité organisée et deux pas au-delà de la vision classique du monde en divinités ordonnées ou de la complexité envisagée par l'imagination.

1 La pagination réfère à l'édition de 1976.

Organisation

Comme nous l'avons vu, un système est un ensemble organisé c'est-à-dire doté d'une structure ou encore d'un mode de fonctionnement qui lui est propre. La façon dont cet ensemble est constitué en vue de son fonctionnement est appelée l'organisation du système. L'organisation, dit van Gigch (1974), est la caractéristique des systèmes qui va au-delà de la complexité structurelle. Plus l'organisation est grande, plus grand sera l'ordre interne du système. L'organisation est inversement proportionnelle au degré d'entropie qui règne au sein du système. L'organisation maximale est égale à un degré nul d'entropie. Le degré de liberté est alors nul au sein des interactions entre les éléments. Dans ce cas la contrainte organisationnelle limite de manière stricte les possibilités de relations (Rothstein, 1958: voir Miller, 1965).

L'organisation n'est constituée d'aucune partie ou sous-partie, elle est essentiellement une propriété du tout. Feibleman et Friend (1945) insistent sur le fait que n'importe quoi qui, dans une organisation, est relié à une partie de cette organisation est en raison de cette relation, elle-même partie de l'organisation et non pas un corps étranger. Par exemple, n'importe quel atome du carbone tétrachlorique qui est relié à un atome de carbone ou de chlore est lui-même une partie du carbone tétrachlorique. Par ailleurs il est possible que quelque chose fasse partie de l'organisation sans être reliée à aucune partie, mais relie entre elles deux ou plusieurs parties. Ainsi, certains électrons requis par le carbone et le chlore combinés sont eux-mêmes inclus dans le carbone tétrachlorique; toutefois ils peuvent n'être pas requis par le carbone et le chlore, pris séparément.

L'aspect fondamental du concept d'organisation est selon Ashby (1962: voir Miller, 1965), l'idée de "conditionnalité". Dès qu'une relation entre deux entités A et B devient conditionnelle à la valeur ou l'état d'une entité C, alors la composante "organisation" est nécessairement présente. Par exemple, la relation entre le carbone et le chlore est conditionnelle à la valeur ou l'état de certains atomes et électrons. Cependant celui qui résume peut-être le mieux la notion d'organisation est Orchard (1969): "l'organisation d'un système est le rassemblement de toutes les propriétés qui donne lieu au comportement du système" (p. 215).

En résumé, le mot "système" désigne l'objet que forme un ensemble, et celui d'"organisation", une qualité nécessaire à cet ensemble pour former l'objet désigné par le concept de "système". Un ensemble qui n'aurait pas cette qualité d'être organisé ne serait rien d'autre qu'un agrégat.

Structures et fonctions

L'organisation d'un système (l'ensemble de ses propriétés) peut être analysée selon deux aspects: le statique et le dynamique. La structure et les fonctions d'un système correspondent respectivement aux dimensions statique et dynamique de son organisation. Churchman (1968) dit en substance que les analyses structurelle et fonctionnelle d'un système répondent aux deux questions fondamentales d'un chercheur, à savoir: "Comment est-ce fait?" et "A quoi ça sert?". D'ailleurs tel que le fait remarquer Couffignal (1972), les concepts de "structure" et de "fonction" correspondent à un niveau plus général aux concepts d'"anatomie" et de "physiologie" utilisés en biologie. Ils procèdent du même esprit, et marquent le même souci de connaître un objet donné. Bertalanffy (1950) et Miller (1965) abondent aussi dans le même sens que Couffignal. Bertalanffy (1972) note en outre qu'une analyse structurelle est essentiellement interne au système, en ce sens qu'elle essaie d'en décrire le comportement en termes de variables interdépendantes qui se rapportent à l'état du système, alors qu'une analyse fonctionnelle est externe, en ce sens que le comportement y est décrit en termes d'interactions avec l'environnement.

La structure

Certains auteurs limitent les notions d'organisation et de système à leurs seuls aspects structurels. Ils identifient tantôt l'organisation à la structure, et tantôt la structure au système lui-même. La spécificité propre à chacun de ces concepts se perd alors dans la confusion et de plus les aspects fonctionnels sont délaissés. Par exemple, selon Sagasti (1970), la structure est le rassemblement de tous les éléments et des relations appartenant à un système; pour Rapoport (1970), la structure consiste de parties interreliées; selon les structuralistes en général, et particulièrement Piaget (1952: voir Plante, 1969), une structure est un système. Aussi il importe de s'attarder sur les auteurs qui ont clairement défini leur usage du terme, car si une structure est un système, un système n'est pas seulement une structure. Il est faux, selon Faix (1964: voir Plante, 1969), qu'un système soit une structure; c'est plutôt qu'il possède une structure. Précisément, un système est un ensemble organisé structurellement et fonctionnellement.

Faix (1964: voir Plante, 1969), malgré la pertinence de ses remarques, propose une définition de "structure" somme toute très imprécise. Il dit: "La structure d'un système est un ensemble spécifique de relations entre ses composantes" (p. 14). L'ajout du mot

"spécifique" ne précise pas suffisamment l'usage du terme, car si l'on y apprend qu'une structure est un ensemble spécifique, on ne sait toujours pas de quel type de relation il s'agit. Pour Selznick (1948), "structure" réfère à la fois aux relations internes du système et à l'ensemble des besoins et modes de satisfaction qui caractérisent un système empirique donné. Selon Nagel (1957): voir Plante, 1969) quand on décrit une structure on ne décrit pas un système, mais "on isole de la totalité des données perçues ce qui est relation, ignorant tout ce qui n'est pas ordre ou arrangement" (p. 15). Plus exactement on décrit les interrelations entre les composantes du système, soit l'arrangement des parties et l'influence potentielle qu'elles peuvent exercer l'une sur l'autre (Gerad, 1958: voir Rapoport, 1968c). A titre d'exemples, la description du système nerveux avec ses points d'excitation et d'inhibition révèle la structure de ce système; l'organigramme d'une compagnie révèle la structure du système de décision de l'entreprise. En définitive, résume Delattre (1971), le mot "structure" est utilisé pour désigner ce qui exprime l'arrangement des éléments d'un système. Mais pour certains (Miller, 1965; Peterfreund et Schwartz, 1971; Spiegel, 1969: voir Beckett, 1973) il s'agit d'un arrangement spatial des éléments, alors que pour d'autres (Braham, 1973; Katz et Kahn, 1966) il s'agit d'un arrangement temporel d'éléments ou d'événements.

Miller (1965) et Weiss (1958) prétendent que la structure d'un système est l'arrangement de ses sous-systèmes et composantes dans un espace tridimensionnel à un moment donné. Miller (1965) ajoute que cet arrangement peut demeurer relativement fixe pour une longue période de temps, tout comme il peut changer d'un moment à l'autre. Pour lui, la structure est la forme que prend l'arrangement du système dans l'espace. Métaphoriquement elle pourrait être photographiée, saisie sur le vif, par un appareil ultra-rapide. Tous les éléments sont pris en considération et si un élément de la structure change de place, la structure ainsi photographiée ne sera plus la même. Par ailleurs pour Peterfreund et Schwartz (1971), la structure est ce qui dans la forme demeure inchangé et ils l'illustrent comme suit: si quelqu'un fait de nombreuses coupes d'un organisme, les aspects relativement inchangés constituent sa structure.

La structure est donc dans ces définitions une forme qui change et/ou se maintient dans le temps. Toutefois, dire que la structure est une forme met en évidence ce que Delattre (1971) appelle l'aspect flou des rapports de sens entre les termes "structure" et "forme":

Très schématiquement les deux mots semblent avoir connu au cours du temps des évolutions inverses. Le mot "forme" qui possédait pour les philosophes anciens un sens très général, n'a plus guère de nos jours, en pratique, que son sens restreint de disposition spatiale des éléments d'un système. Au contraire, le mot "structure" était surtout employé jadis dans son sens restreint, très voisin de celui de disposition spatiale des éléments, alors qu'il est aujourd'hui beaucoup plus utilisé dans le sens très général de relations entre éléments d'un système quelconque, abstrait ou matériel (Delattre, 1971, p. 40).

Aussi il serait aujourd'hui préjudiciable à l'esprit systémique de réduire et limiter la structure d'un système à la forme ou l'arrangement spatial, car le concept de structure deviendrait d'un usage difficile sinon inadéquat dans le cas des systèmes abstraits (langue, personnalité, ensemble mathématique). Dans ces cas, les relations qui unissent les éléments de la structure sont des relations d'influence, de pouvoir, décrites par Gérard (1958: voir Rapoport, 1968c). Ainsi la structure est un arrangement relationnel d'influence réciproque entre les éléments qui peut s'exprimer par une forme tridimensionnelle dans le cas des systèmes concrets. Il reste cependant à déterminer si cet arrangement se maintient ou non dans le temps.

Selon Braham (1973) la structure se maintient à travers le temps. Elle correspond pour lui à un modèle ou à des voies de communications entre éléments. La structure, écrit-il, soutient et pourvoit au fonctionnement de l'organisation, c'est-à-dire aux propriétés du système. Par ailleurs Katz et Kahn (1966) diront qu'une activité, un comportement quelconque, est structurée s'il y a une unité dans son déroulement, une sorte de "chaîne d'événements" qui puisse retourner à son point de retour et être répétée. Pour eux il n'y a pas que les choses qui soient structurées mais les événements aussi. La structure est pour lors définie comme un arrangement de relations reliées dans le temps et formant un tout répétable. Elle est, ajoute Orchard (1969) dans le même esprit que Braham (1973), cette partie de l'organisation qui demeure permanente, fixée ou constante, et forme la base des comportements permanents ou relativement permanents. Elle réfère à la matière, à l'énergie et à l'information qui se forment et circulent dans le système à un moment donné (Peterfreund et Schwartz, 1971). La structure désigne l'aspect relativement rigide ou constant des opérations et transformations que fait subir le système à toutes formes de matière, énergie ou information qu'il ingère. Elle est un processus au sens défini par Miller (1965), à savoir: "un changement dynamique dans la matière,

l'énergie et l'information d'un système dans le temps" (p. 209). Tel que le dit Bertalanffy (1952: voir Miller, 1965): "ce que l'on appelle structure est un lent processus de longue durée" (p. 211). De plus, ce processus lent d'opérations sur les entrées est une structure, pourvoit et soutient des processus plus rapides et il est lui-même soutenu par des processus plus lents encore. Il faut ici souligner que les transformations auxquelles on réfère ne sont pas celles que la structure subira dans le temps, mais plutôt celles qu'elle fera subir aux structures des sous-systèmes du système auquel elle appartient. Les transformations qu'elle-même subira seront le produit de la structure du supra-système auquel son système appartient. De même qu'un système est toujours un sous-système d'un supra-système, et est lui-même un supra-système par rapport à d'autres "plus petits", les dimensions structurelles de leur organisation respective sont enchassées l'une dans l'autre et se soutiennent mutuellement.

D'une façon synthétique la définition de structure se résume ainsi: un arrangement de relations d'influence relativement permanentes entre les éléments d'un système, qui peut s'exprimer par une forme tridimensionnelle donnée dans le cas des systèmes concrets, et qui détermine d'une manière stricte les opérations que subissent les entrées (matière, énergie et information). De plus ce réseau de relations est issu de réseaux "plus grands" et il pourvoit des réseaux "plus petits". Par exemple, la structure du noyau familial pris comme système de relations est le produit de réseaux "plus grands" et interreliés (économique, géographique, linguistique, social, etc.), et produit des réseaux "plus petits" (le rôle de père et de mère, la position hiérarchique des membres, etc.). Une structure est toujours un processus de transformations lentes issu d'un autre aux transformations plus lentes encore. Comme dit Delattre (1971): "pour parler de changement il faut bien conserver quelque part un résidu statique permettant de définir la chose qui change" (p. 42). Ceci a pour conséquence que le terme "structure" tel qu'employé dans la littérature, fait généralement référence à un cadre fixe (sic), alors que le terme "fonction" fait référence à ce qui est dynamique par rapport à ce cadre.

Les fonctions

Par suite, une fonction peut être définie comme un arrangement de relations d'influence relativement instable qui détermine de manière momentanée les opérations que subissent les entrées au sein du système. La distinction entre "structure" et "fonction" est essentiellement de nature temporelle. Selon Rapoport (1970), une fonction

est ce qui maintient à court terme un état stable au sein du système. Il s'agit d'un arrangement relationnel précis qui sert à un moment donné pour un temps défini.

La notion de fonction, souligne Delattre (1971), met surtout l'accent sur: "l'ensemble des actions réciproques qui se produisent entre les objets considérés" (p. 75). Une fonction est un processus à court terme qui permet d'observer "à l'oeil" les transformations opérées sur les entrées (matière, énergie, information) par rapport aux sorties. Miller (1965) en donne une définition stricte:

Une fonction est une correspondance entre deux variables de telle sorte que la valeur de l'une dépend de la valeur de l'autre, tel que déterminé par des règles ou relations (exemple: l'addition, la division sont des fonctions) (p. 6).

Par abus de langage, les aspects dynamiques d'un système sont généralement exclusivement associés au terme de "fonction" par opposition à celui de "structure". Ainsi des concepts actifs décrivant le rôle d'un processus de traitement des entrées ont été créés à partir du mot "fonction". Selon Nagel (1956) par exemple, les conséquences (sorties) qui servent à l'adaptation ou à l'ajustement d'un système à son environnement sont des fonctions, alors que les conséquences (sorties) qui nuisent à l'adaptation sont des dysfonctions, et les conséquences (sorties) non significatives par rapport à l'adaptation sont dites non fonctionnelles. En fait il serait plus juste et plus simple de parler respectivement de sorties utiles, nuisibles ou inutiles; ou encore de sorties positives, négatives ou superflues.

Souvent l'usage du terme "fonction" est dans la littérature systémique très voisin de celui de "rôle". Faix (1964: voir Plante, 1969) Rodcliffe-Brown (1952: voir Plante, 1969) et Sagasti (1970) par exemple disent que la fonction d'un mécanisme ou d'une activité désigne la contribution de ce mécanisme ou activité au maintien de certaines caractéristiques et conditions d'un système donné. L'aspect général de la notion de "fonction" au sens d'opérations ou de transformations est alors perdu puisque les opérations négatives (dysfonctionnelles) ou superflues (non fonctionnelles) qui ont lieu dans le système sont ignorées. On ne retient que les activités qui ont un rôle positif pour le maintien du système. Il est vrai qu'un rôle est nécessairement rattaché à un processus fonctionnel mais un tel processus n'a pas, lui, nécessairement de rôle précis au sein du système. Ainsi l'appendice chez l'homme n'a pas de rôle connu, sauf erreur, mais son activité (s'emplir) est tout de même une fonction au sens d'opération: une fonction superflue. En outre, dire

que la fonction désigne la contribution ou l'apport d'une activité, c'est encourir le risque de confondre le produit de la fonction avec la fonction elle-même. La fonction n'est pas le produit, elle est le processus. Elle est, comme l'écrit Plante (1969); "quelque chose qui se situe entre deux termes" (p. 25). Elle est une opération ou transformation qui détermine l'un des termes selon la valeur de l'autre. Dans $1 + 2 = 3$, 3 n'est pas une fonction, non plus qu les éléments 1 et 2; c'est l'opération d'addition qui est la fonction. On dira cependant d'une variable dépendante Y qu'elle est fonction de la variable indépendante X, si Y est entièrement déterminée par une opération donnée (la fonction) appliquée à X. De même une fonction de X peut être déterminée par d'autres fonctions. Des fonctions peuvent engendrer d'autres fonctions. Similairement, à titre d'indication, on retrouve en mathématiques la composition de fonction: soit F une application (fonction) d'un ensemble A dans un ensemble B, et G une application d'un ensemble B dans un ensemble C, il est possible par une opération donnée (la composition de fonction) de construire une application $H = F \circ G$, définie de l'ensemble A à l'ensemble C et où H est une nouvelle fonction distincte à la fois de G et de F.

En termes clairs, des fonctions peuvent en déterminer d'autres. D'un processus peut en découler un autre, et c'est ainsi que les processus fonctionnels de l'organisation d'un système dépendent des processus structurels. Ensemble, les notions de structure et de fonction embrassent en tant que processus tout changement, toute transformation, tout passage d'un point ou d'un état à un autre, tout développement dans le temps. La structure forme le fond d'une *gestalt* sur lequel peuvent se dessiner les mouvements plus rapides des fonctions.

Éléments et sous-systèmes

Tout système est constitué de sous-parties appelées éléments. Les éléments d'un système peuvent être abstraits (v.g. le langage) ou concrets (v.g. un thermostat). Plus exactement il peut s'agir de concepts, comme par exemple le langage qui est un système conceptuel où chaque mot est un élément, d'objets tels que le corps humain où chaque cellule, chaque organe est un élément, ou de sujets, comme par exemple une équipe de hockey (van Gigch, 1974). S'il s'agit de concepts, on dira que c'est un système conceptuel. Certains systèmes peuvent combiner ces caractéristiques. Ainsi "un-enfant-qui-apprend-à-se-servir-d'un-outil" est un système aux composantes multiples: concrètes (le corps de l'enfant et l'outil lui-même), abstraites (les principes de l'utilisation de l'outil et le vocabulaire employé pour les transmettre), et finalement le sujet (la personne de

l'enfant). Incidemment on peut remarquer que ces éléments sont des systèmes en eux-même avec leurs possibilités et limites propres: l'outil, l'enfant, le langage, etc.

La définition (délimitation et détermination) d'un élément fait appel à deux types de données selon Delattre (1971), soit les données qualitatives et quantitatives. Un premier prédicat A, purement qualitatif, correspond à l'affirmation de l'existence d'une certaine caractéristique. Il est nécessaire et peut être complété d'un prédicat quantitatif Q qui attribue une mesure à A. Puisqu'un élément peut posséder plusieurs caractéristiques, sa définition exige un ensemble d'énoncés constitués chacun soit d'un couple de prédicats (A, Q), soit d'un seul prédicat de type A. Il est à noter qu'un prédicat de type Q ne peut apparaître seul car les données quantitatives qui interviennent dans la définition d'un élément sont toujours associées aux données qualitatives dont elles expriment la mesure. Ainsi Q ne peut exister sans référentiel A. Certains auteurs dont Orchard (1969) définissent l'élément d'une manière strictement quantitative. En fait, ils s'appuient sur des caractéristiques qualitatives qui demeurent implicites. Ils omettent une étape, car c'est l'explication préalable du prédicat de type A qui permet l'élaboration d'un modèle systémique. La quantification ne vient que plus tard et seulement lorsque cela s'avère réalisable. La quantification ajoute à la valeur d'un modèle verbal et son absence ne lui enlève pas sa valeur.

Par la suite, Delattre (1971) établit quatre types de définitions d'éléments selon le nombre d'énoncés pris en considération pour la définition de l'élément: les définitions fonctionnelle, exhaustive, pseudo-exhaustive et surabondante.

La définition fonctionnelle est celle qui contient, avec une précision relative au cadre théorique et/ou empirique employé, toutes les caractéristiques nécessaires pour rendre compte du rôle et du comportement de cet élément dans le système étudié. Le qualificatif "fonctionnelle" est ici adéquat dans la mesure où il s'agit de rendre compte de la fonction de l'élément au sein du système.

La définition exhaustive est en principe inaccessible. Elle devrait comprendre un nombre suffisant d'énoncés pour permettre de rendre compte du comportement de l'élément dans tous les systèmes possibles, et avec une précision infinie.

La définition pseudo-exhaustive peut être qualifiée d'"universelle" puisqu'il s'agit d'une définition fonctionnelle généralisable à l'ensemble des systèmes que l'on peut rencontrer en pratique, et dans lesquels intervient l'élément. Elle est susceptible d'évoluer au fil du temps. Elle tend vers la définition exhaustive.

La définition surabondante contient quant à elle plus d'énoncés qu'il n'est nécessaire pour rendre compte du comportement de l'élément avec la précision choisie dans les systèmes considérés. On comprendra que la définition universelle d'un élément est couramment surabondante par rapport à un système donné.

Les caractéristiques d'un élément donné peuvent varier dans le temps et/ou l'espace. On a alors affaire à des sous-systèmes. Par exemple, le système de freinage est un sous-système-élément du système voiture; le coeur est un sous-système par rapport à l'ensemble du corps; le haut-parleur est un élément qui est un sous-système du système stéréophonique. Un élément dont les caractéristiques varient constitue lui-même un système. Cependant tel que le mentionne Delattre (1971), on ne peut dire d'un élément qui ne manifeste aucune variation de ses caractéristiques qu'il n'est pas un système. Ainsi tout élément peut théoriquement être considéré comme un système. Ceci implique que tout système est lui-même formé de systèmes "plus petits" appelés sous-systèmes, et fait partie intégrante d'un système "plus grand" appelé supra-système.

Toutefois, en pratique, l'appellation "élément" sera réservée aux composantes stables ou pseudo-stables. La garniture des freins d'une automobile par exemple, sera considérée comme un élément, réservant en l'occurrence l'appellation de "sous-système" à l'ensemble des pièces organisées pour le freinage de l'automobile. Au dire de Miller (1965), afin d'éviter toute confusion, chaque discussion devrait débiter par l'identification du niveau de référence, et le discours ne devrait en aucune façon changer de niveau sans que ce soit signalé d'une manière quelconque. Ainsi le système du niveau indiqué constitue le système proprement dit, tandis que ceux du niveau supérieur immédiat forment les supra-systèmes, et ceux du niveau inférieur immédiat les sous-systèmes.

Le supra-système est différent de l'environnement; il est l'environnement immédiat moins le système lui-même. La figure 1 représente la pyramide de Milsum (1972) et illustre la complexité de l'imbrication des systèmes l'un dans l'autre, même s'il ne s'agit ici que de systèmes humains qui sont en fait une infime partie de l'ensemble des systèmes de l'univers.

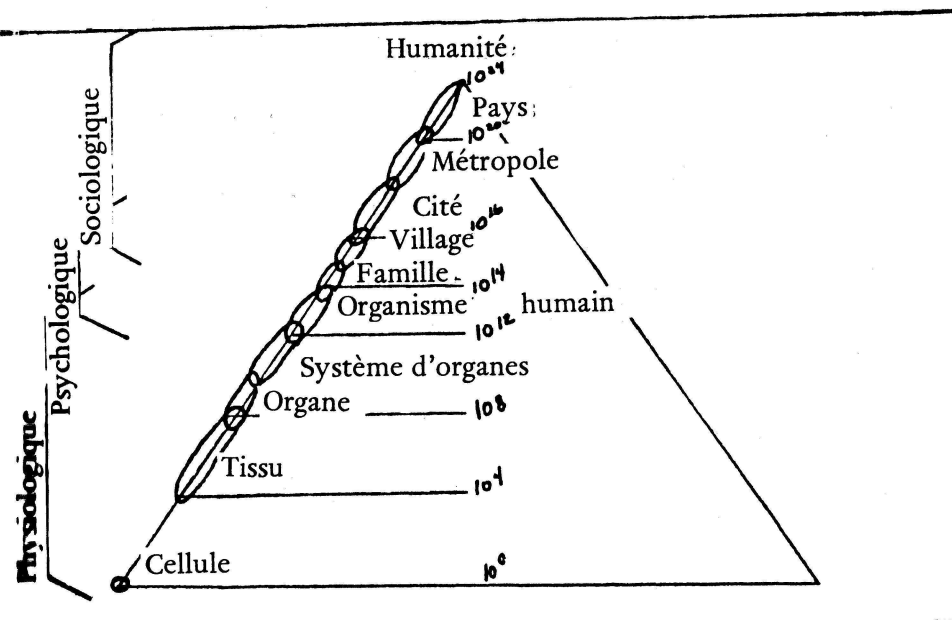


Fig. 1 - Pyramide illustrant l'imbrication des systèmes humains.

Si un système peut être considéré par rapport à son niveau hiérarchique dans l'imbrication générale, c'est-à-dire verticalement, il peut aussi être considéré sur un plan horizontal. Selon Meister (1976) un sous-système peut être partiellement ou complètement dépendant pour ses opérations d'un autre sous-système. Dans ce cas, on dit qu'il fonctionne en série. Il peut aussi être indépendant des autres sous-systèmes et opère alors en parallèle. Finalement quand le sous-système accomplit la même fonction que d'autres sous-systèmes, il est appelé redondant.

Chaque ensemble organisé structurellement et fonctionnellement peut ainsi être classé dans un tableau trois par trois. Par exemple, le tableau 2 situe et classe des systèmes les uns par rapport aux autres en prenant comme niveau de référence l'automobile.

Tableau 2

Classification de systèmes reliés suivant
les deux axes vertical et horizontal

	Dépendant (en série)	Indépendant (en parallèle)	Redondant
Supra-systèmes	Le réseau routier et la signalisation routière	Le réseau routier et le climat	Les diverses stations-service: Gulf, Esso, etc.
Systèmes	L'automobile et le conducteur	L'automobile et la bicyclette	L'automobile, le taxi, l'autobus, le train, etc.
Sous-systèmes	L'accélérateur et le carburateur	Le système de direction et le système d'échappement	La position P d'une transmission automatique et le frein d'urgence

L'accélérateur et le carburateur sont chacun un sous-système du système "automobile", et ils sont dépendants l'un de l'autre pour leur fonctionnement réciproque. Le mélange d'air et d'essence qu'effectue le carburateur est dépendant de la quantité d'essence qui est amenée selon la position de la pédale de l'accélérateur.

Le conducteur par rapport à l'automobile forme un système distinct. Les deux systèmes sont cependant dépendants l'un de l'autre pour accomplir leur tâche. Par exemple, un commis voyageur a besoin d'une automobile pour accomplir efficacement son travail, et l'automobile ne peut évidemment pas jouer son rôle sans conducteur.

Le réseau routier et la signalisation routière forment chacun un supra-système par rapport à l'automobile. Ils sont réciproquement partie de l'environnement immédiat de l'automobile (moins l'automobile elle-même). Chacun est toutefois dépendant de l'autre pour

accomplir sa fonction. Le réseau routier pour être efficace nécessite des règles et une signalisation; d'autre part le code de la route et sa signalisation n'auraient aucune raison d'être s'il n'y avait pas de réseau routier.

En résumé, on constate que pour un système donné (l'automobile) il y a d'autres systèmes distincts qui peuvent être soit en série (le conducteur), soit en parallèle (la bicyclette), soit redondants (le taxi); pour le même système (l'automobile) il y a de plus des supra-systèmes qui peuvent être entre eux soit en série (réseau routier et signalisation), soit en parallèle (réseau routier et climat), ou soit redondants l'un par rapport à l'autre (les diverses compagnies d'essence). Il en est de même pour les sous-systèmes.

La plupart des grands systèmes complexes combinent sous-systèmes, supra-systèmes et systèmes, tantôt sériels, tantôt parallèles ou redondants. Par exemple, un système de transport urbain combine les sous-systèmes que sont pour lui les rues, les lignes d'autobus, les flottes de taxi, les sentiers piétons, les pistes cyclables, etc., avec des supra-systèmes, en l'occurrence les grands axes de transport inter-municipal, interrégional et international (ports, aéroports, gares, etc.). Meister (1976) souligne que ces combinaisons complexes accroissent la flexibilité globale du système et augmente l'imprévisibilité de la réponse du système à un événement donné. Chaque niveau de l'ensemble systémique, du supra-système redondant au sous-système dépendant, peut réagir différemment selon la capacité de réponse des autres composants. Il s'ensuit que la stabilité de certains systèmes (voir ci-après le cas des systèmes ouverts) augmente avec leur complexité.

Systèmes isolé, fermé et ouvert

Les processus à court et à long terme (fonctionnel et structurel) d'un système peuvent ou non être reliés à l'environnement, c'est-à-dire aux processus d'un supra-système. Selon l'état et le type de connexions qu'un système entretient avec l'environnement il sera dit isolé, fermé ou ouvert.

Un système isolé est un système qui n'a strictement aucun échange de matière, d'énergie ou d'information avec l'environnement (Parkman, 1972). Toute relation est coupée et il doit utiliser sa propre réserve d'énergie. Tel que l'exprime Rosnay (1975) l'entropie s'accroît de manière irréversible au fur et à mesure du déroulement des réactions. Quand l'équilibre thermodynamique est atteint, l'entropie est maximale et le système ne peut plus fournir de travail

(v.g. les réactions chimiques, l'écoulement du sable dans un sablier, la désintégration de l'uranium). Tout système isolé est soumis au deuxième principe de la thermodynamique, rappelle Bertalanffy (1950). Il tend vers un état d'équilibre où l'entropie est maximale avec le minimum d'énergie libre.

Un système fermé est un système isolé qui reçoit, selon Delattre (1971) et Parkman (1972), de l'énergie de l'extérieur. Une ampoule électrique, un moulin à vent, un moteur à essence sont considérés comme des systèmes fermés, même si comme les systèmes ouverts ils requièrent une source extérieure d'énergie. Aussi selon Wilden (1972), ce qui caractérise le système fermé est l'absence de relation de rétroaction au sein même du système, entre des variables internes, mais elle doit être sans effet sur l'adaptation et l'adéquation mutuelle du système et de l'environnement. Par exemple, un projectile en mouvement et la gravité ne peuvent ni l'un ni l'autre s'ajuster de manière à ce que la trajectoire soit maintenue. Toujours selon Wilden (1972), le type de rétroaction propre au système fermé est appelé par certains théoriciens "pseudo-rétroaction". La rétroaction vraie est essentiellement porteuse d'un message visant l'ajustement du système et de l'environnement. Elle est fondamentale à la compréhension du comportement d'un système qui en fait montre, alors que la "pseudo-rétroaction" peut être ignorée sans préjudice véritable à la compréhension. La "pseudo-rétroaction" est un comportement que le système manifeste suite à l'influence d'une variable externe, mais qui n'en compense aucunement l'impact. Par exemple, l'éclairage que fournit une ampoule varie selon le courant électrique et elle ne peut en rien s'ajuster aux variations du courant afin de maintenir un éclairage constant; le moulin à vent ne peut modifier ses palmes selon la vélocité des vents pour maintenir sa vitesse de rotation; de même un projectile ne peut en rien contrecarrer l'effet de la gravité.

Par opposition le système ouvert est constamment en relation avec l'environnement; il s'ajuste. Il échange énergie, matière et information. C'est ce qui lui permet de maintenir son organisation contre la dégradation naturelle. Tel que le souligne Rosnay (1975), l'entropie d'un système ouvert, son désordre interne, se maintient à un niveau relativement bas grâce au flux d'énergie qui le traverse, et ce malgré l'accroissement de l'entropie de l'environnement. Il s'agit non seulement de flux d'énergie mais aussi de flux de matière et d'information. Dans un système ouvert, dit Bertalanffy (1968):

"on constate une entrée et une sortie, une construction et une destruction de ses composants matériels" (p. 145). Il y a entrée d'énergie, de matière et d'information, que Rosnay (1975) qualifie d'"usées". Le système maintient son organisation interne et accroît l'entropie environnementale. Il tend vers un état stable distinct de l'état d'équilibre. Il s'ensuit qu'il dépense une certaine somme d'énergie, de matière et/ou d'information pour maintenir l'arrangement de ses éléments. Par exemple, un système de chauffage utilise de l'énergie, de la matière et de l'information pour maintenir un état stable de 20°C, car son point d'équilibre est équivalent à la température externe (disons 0°) de par la deuxième loi de la thermodynamique. Le système ouvert fournit donc un travail pour la sauvegarde de son organisation.

Les caractéristiques fondamentales du système ouvert ont été regroupées et résumées en neuf points par Katz et Kahn (1966). Les voici adaptées au présent ouvrage:

1. Un système ouvert importe énergie, matière et information que son fonctionnement nécessite. (Les cellules du corps prennent dans le sang l'oxygène dont elles ont besoin; le corps la puise dans l'air).
2. Un système ouvert transforme l'énergie, la matière et l'information dont il dispose. Il en modifie la forme en une autre qu'il peut utiliser. Dans le cas d'informations, cette transformation est appelée codage. (Le téléphone code la voix humaine sous forme de pulsions électriques).
3. Un système ouvert exporte une production d'énergie, de matière ou d'information. Il rejette dans l'environnement, sous une forme quelconque, les résidus de ses opérations. (Ce peut être autant l'air qu'exhalent les poumons, ou l'invention d'un esprit créateur).
4. Un système ouvert manifeste un ou des cycles d'activités. Des cycles apparaissent lors des activités d'échange d'énergie, matière ou information. Le produit exporté appelle l'énergie nécessaire à la répétition des activités de production. (Une industrie paie des hommes pour fabriquer et mettre en marché un produit. Elle obtient par sa vente l'argent nécessaire aux salaires des individus. Elle est alors en position pour répéter le cycle des activités).

5. Un système ouvert manifeste une entropie négative. Contrairement au système fermé qui tend vers l'affaissement, le système ouvert peut, parce qu'il importe plus d'énergie qu'il n'en exporte remiser cette énergie, matière ou information, et l'utiliser au maintien de son organisation pour ainsi acquérir une entropie négative. (En l'occurrence, dans l'exemple précédent, le profit de vente d'un produit que réalise une entreprise constitue une forme d'entrepasage qui contribue à l'entropie négative de l'organisation).
6. Un système ouvert utilise l'information d'un processus de rétroaction. Les sorties d'énergie, de matière ou d'information d'un système ouvert peuvent servir de signal (selon le codage, voir point 2) pour des processus internes structuraux ou fonctionnels. Le signal se rapporte à l'effet de certaines productions du système sur certaines de ses entrées. (Un système de chauffage utilise pour son fonctionnement l'information qu'il recueille sur les variations de température qu'il produit).
7. Un système ouvert maintient un équilibre dynamique. Il fait preuve d'homéostasie. Des boucles de rétroaction opèrent sur le flux continu des entrées et des sorties, de façon à maintenir l'arrangement interne des parties. (Un barrage maintient, par le jeu d'ouverture et de fermeture de ses vannes, un constant niveau d'eau).
8. Un système ouvert manifeste une tendance à la différenciation et à la spécialisation de ses sous-systèmes. Ses éléments s'organisent en sous-systèmes pour accomplir des fonctions de plus en plus spécifiques en rapport avec la structure globale du système. (Les organes des sens et le système nerveux central ont évolué vers leur structure hautement différenciée à partir de tissus très primitifs).
9. Un système ouvert est finalement caractérisé par son équifinalité. L'équifinalité désigne la capacité d'atteindre un état final à partir de presque n'importe quelle position de départ. (Un système de climatisation cherche à atteindre son point d'équilibre dynamique, disons 20°C, peu importe que le point de départ soit 0°C, 10°, 15°C, 25°C ou même 100°C. En dessous de 20°C, il chauffera, au dessus, il rafraîchira).

Essentiellement un système ouvert est selon Wilden (1972), un système pour lequel les relations avec un supra-système sont indispensables à sa survie. Ses échanges avec l'environnement lui sont vitaux. Malgré l'importance de ceux-ci il faut cependant prendre garde de confondre les opérations qu'effectue un système isolé, fermé ou ouvert avec le système en tant que tel, car s'il est vrai que les aspects fonctionnels d'un système ouvert contre-agissent face aux forces perturbatrices de l'environnement, cela est faux dans le cas des systèmes isolés ou fermés. Néanmoins ces derniers demeurent des ensembles organisés, avec processus structurels et fonctionnels, sauf que dans leur cas il n'est question que de processus de dégradation, les processus de production étant réservés aux systèmes ouverts. C'est de cette faculté de produire que provient, dans le cas des systèmes ouverts, le danger d'identifier les réalités que désignent les concepts de processus et de système. L'aire cette erreur signifie que l'on oublie que les systèmes fermés ou isolés ont aussi des aspects dynamiques puisqu'ils se dégradent. Ils sont soumis à l'entropie. La lenteur relative de ce processus de désorganisation permet de pourvoir aux aspects fonctionnels d'un système. Ainsi la structure d'un système ouvert peut constituer en elle-même un système fermé ou isolé, ou être constituée de systèmes fermés ou isolés. Par exemple les aspects fonctionnels d'un système de chauffage servant au maintien de la température font de lui un système ouvert, mais les éléments structuraux, c'est-à-dire les objets concrets qui supportent et permettent son fonctionnement (réservoir, fournaise, thermostat, fils, bouches d'aération, etc.), forment quant à eux des systèmes fermés ou isolés selon le cas. Ils n'ont aucun moyen de se préserver de la dégradation naturelle. La fournaise ne possède aucune relation de rétroaction qui lui permette de réagir à la rouille de façon à s'en préserver. Il en est de même pour le thermostat, les bouches d'aération, etc. Ils se modifient lentement, leur arrangement se transforme: les fils sèchent et se fendillent, le plastique se craquelle, le métal se tord et rouille, les vis cèdent, etc. Ils s'usent jusqu'à ce qu'ils ne soient plus à même de pourvoir aux aspects fonctionnels et alors, le système meurt.

Rétroaction

La rétroaction est un processus de communication par lequel le système ouvert est informé de l'effet de ses productions sur l'environnement. Il tient compte de cette information dans la production de nouveaux comportements. La rétroaction nécessite deux canaux: un canal A représentant le flux normal des entrées aux sorties, et un canal B représentant un courant inverse des sorties

aux entrées. La figure 2 illustre ce phénomène: il s'agit d'une boucle d'information où les données sur les résultats d'une transformation ou d'une action sont renvoyées à l'entrée du système (Parkman, 1972; Rosenblueth, Wiener et Bigelow, 1943; Rosnay, 1975; van Gigch, 1974).

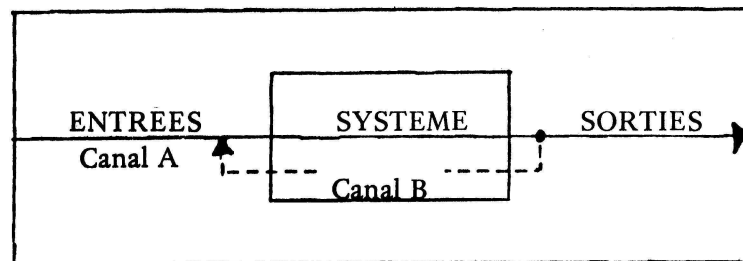


Fig. 2 - Les canaux de la rétroaction.

Il y a deux types de rétroaction: la rétroaction positive et la rétroaction négative (Rosnay, 1975). Si les données qu'apporte la boucle d'information contribuent à faciliter et à accélérer les opérations du système dans le même sens que les résultats précédents, on est en présence d'une rétroaction positive: ses effets sont cumulatifs. Par contre, si les données agissent en sens opposé aux résultats antérieurs, il s'agit d'une rétroaction de type négatif. Ces effets stabilisent le système.

Dans le cas de la rétroaction positive où les effets sont cumulatifs, on assiste à une croissance (ou décroissance) exponentielle du système ou du moins du processus structurel ou fonctionnel concerné par cette boucle positive, et ce tel qu'illustré à la figure 3. Dans le cas de la rétroaction négative, on assiste à une stabilisation du processus qui lui est asservi.

Evidemment si un processus fondamental du système est menacé, c'est la survie du système en entier qui est menacée. Par exemple, si pour une raison quelconque la bonne marche du coeur est menacée, ceci constitue une menace pour le fonctionnement de l'ensemble du système. D'ailleurs, souligne Sachs (1976), le fait qu'un système remplisse une fonction nécessaire à un système plus grand est suffisant pour définir ce système comme un sous-système du système plus grand auquel il est nécessaire. Ceci implique que si les opérations du sous-système sont menacées (en l'occurrence le coeur par rapport à l'organisme), le supra-système est aussi menacé.

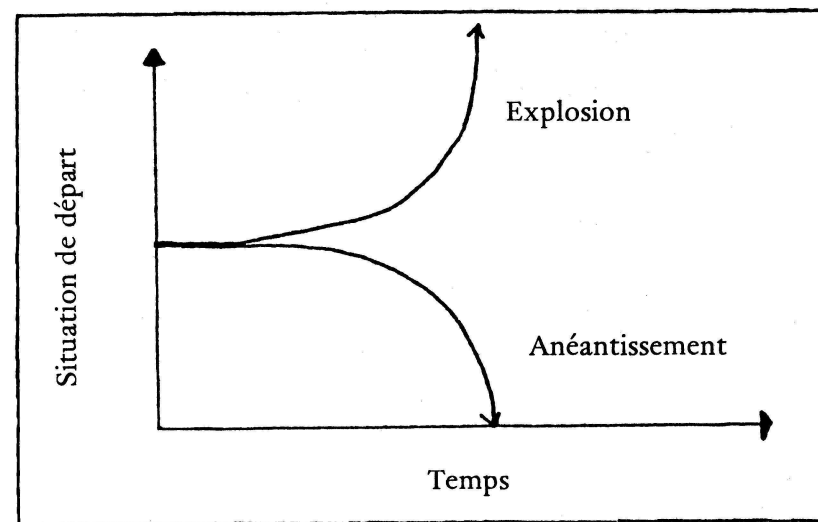


Fig 3 - Evolution d'un processus asservi à une boucle de rétroaction positive.

Dans le cas de la rétroaction négative, il y a convergence vers un but, c'est-à-dire qu'il y a finalité comme le démontre la figure 4.

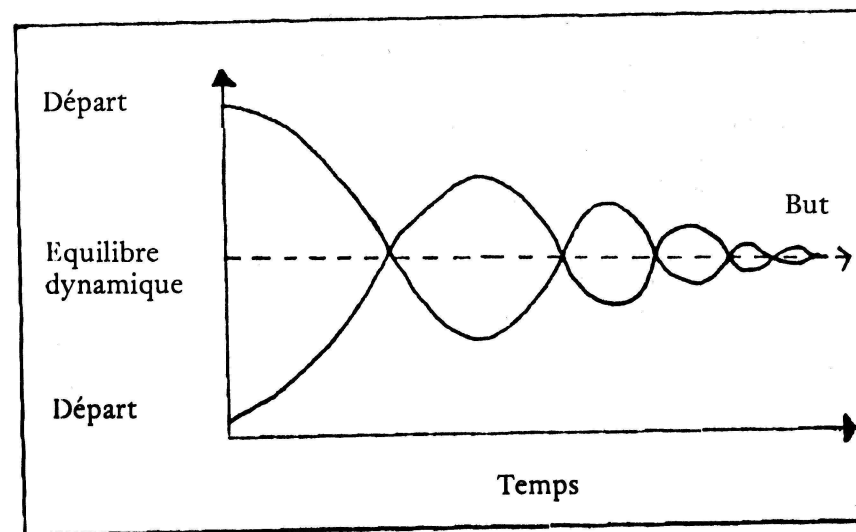


Fig. 4 - Evolution d'un processus asservi à une boucle de rétroaction négative.

La rétroaction négative est le support de l'homéostasie, de la finalité et de l'équifinalité observées dans l'évolution des processus systémiques. Elle est nécessaire à tout système régularisé. Elle a un effet compensatoire. La rétroaction négative est une opération par laquelle un système réagit à une influence donnée de façon à conserver ou rétablir l'équilibre; on l'appelle aussi parfois contre-réaction (Marugama, 1968: voir Reynolds, 1974). Ainsi par exemple, le canal de communication que constitue le thermostat d'un système de chauffage permet au système de rétroagir sur l'évolution de la température vers son but, soit 20°C. De même, suite aux données fournies par le thermostat, l'homéostasie du système est maintenue par rétroaction négative.

Homéostasie, finalité et équifinalité

L'homéostasie désigne la régulation observée dans des systèmes ouverts qui maintiennent constant l'état de certaines variables à l'aide de rétroactions négatives. Comme dit Rosnay (1975), un système homéostatique est un système ouvert qui maintient sa structure et ses fonctions par l'intermédiaire d'une multiplicité d'équilibres dynamiques.

Ici encore cependant, la confusion s'installe entre diverses appellations. Popper (1973) associe le mot "stable" aux systèmes fermés orientés vers l'équilibre naturel des forces en présence, c'est-à-dire vers un état statique, immobile, où l'entropie est maximale. Par contre Wilden (1972) appelle "stable" l'état d'équilibre dynamique vers lequel tendent les systèmes ouverts régularisés par rétroaction négative. Weinberg (1975) souligne la confusion entre les mots "stable" et "immobile". Pour lui "stable" ne signifie pas l'absence de changement. La stabilité est plutôt le changement à l'intérieur de certaines limites. En ce sens la stabilité correspond aux limites des changements et perturbations que le système peut supporter. Pour sa part, Popper (1973) qualifie cet état maintenu entre des limites: "d'instabilité du premier ordre, de type oscillatoire entretenu" (p. 77). Cette instabilité du premier ordre est la tendance à l'explosion ou à l'anéantissement des systèmes ouverts non homéostatiques. Quant à Rosnay (1975), il qualifie d'"ultra-stables" les systèmes homéostatiques.

Au-delà des mots et des appellations, ce qu'il importe de retenir est que les deux formes d'équilibre vers lesquelles tendent respectivement les systèmes fermés et ouverts (avec rétroaction négative) sont fondamentalement différentes. Dans le premier cas, ces systèmes peuvent être comparés à un pendule qui a tendance à retourner à sa

position d'équilibre vertical dès qu'il en est écarté (Popper, 1973). Si le pendule est soumis à des chocs continuels, il se peut très bien qu'il ne revienne jamais à sa position d'équilibre, mais il tend néanmoins à s'y ramener à tout moment même s'il le fait de façon oscillatoire. Si l'on déplace en même temps le support du pendule, la position d'équilibre n'est plus fixe mais n'est pas supprimée pour autant. Dans le cas des systèmes homéostatiques il n'y a pas à proprement parler d'équilibre fixe. Il y a un intervalle dans lequel l'état du système doit être maintenu pour être adéquat. De plus cet intervalle est généralement exclusif par rapport à l'équilibre fixé par les lois de la thermodynamique. Ainsi de par le temps de réaction et d'inertie propre à une relation de rétroaction négative, un système homéostatique oscille en permanence autour de sa position de référence qui est alors différente de la position d'équilibre naturel. Par exemple, un thermostat est réglé à 20°C et possède une inertie de réponse de 10°C. Il déclenche le chauffage lorsque la température baisse, mais avec un certain retard, et il l'arrête de la même façon. La température est donc toujours soit trop haute soit trop basse. Il s'installe un équilibre dynamique autour du but, en l'occurrence 20°C. Ce phénomène est très important car il souligne la différence essentielle entre l'équilibre du système ouvert et celui du système fermé. Pour le système ouvert, l'équilibre est une constante oscillation autour d'un but, alors que pour un système fermé le but est final et immobile. En effet, tel que le souligne Sommerhoff (1969), dans ces deux cas il y a un "résultat final qui peut être conçu comme un but. Il peut être atteint à partir d'une variété d'états initiaux différents. Toutefois ce qui les distingue d'une manière cruciale est selon lui, que dans un système homéostatique les variables sont orthogonales, c'est-à-dire que la valeur que prend une variable à un instant donné ne détermine aucunement la valeur que peuvent prendre les autres variables au même instant. Par exemple, la température de la pièce n'a aucune relation d'influence avec la vitesse du ventilateur de la fournaise, ou avec la puissance calorifique de celle-ci non plus qu'avec la quantité d'huile disponible. Par ailleurs dans le cas d'un système fermé orienté vers l'équilibre thermodynamique, les variables ne sont pas orthogonales: des combinaisons arbitraires ne peuvent aucunement constituer des états initiaux du système. Ainsi l'attraction que subit le pendule est directement déterminée par sa position de départ. Il n'est pas possible d'arranger d'une façon arbitraire la valeur des variables du système composé par le pendule, son support et le champ de gravitation.

Généralement les systèmes fermés sont dits "orientés vers l'équilibre" et les systèmes homéostatiques "orientés vers un état final". Ces derniers manifestent ce que van Gigh (1974) appelle un comportement par objectif. Cet objectif prend naissance dans l'interaction système-environnement. Précisément le système développe, dans son interaction avec ses supra-systèmes, une hiérarchie préférentielle de valeurs qui engendre des règles de décision déterminant la préférence du système pour telle valeur plutôt qu'une autre, se rapportant à l'état interne à maintenir. Le maintien de cette valeur devient un objectif du système.

De plus Miller (1965) fait une distinction entre but et objectif. Le but est extérieur au système par opposition à l'objectif qui est le maintien d'un état interne. Le but peut être la recherche d'un objet dans l'espace ou le développement d'une relation avec un autre système de l'environnement. Par exemple une amibe a l'objectif de maintenir un niveau d'énergie adéquat et pour cela, elle a pour but d'attraper des bactéries; une personne a l'objectif de maintenir la température de son corps et il s'ensuit qu'elle a pour but de trouver et de mettre un chandail. Sagasti (1970) pour sa part, parle de "système orienté par objectif" lorsqu'il y a plus d'une réponse possible pour l'obtention de l'événement ou de l'objet visé par le système, et de "système orienté vers un but" s'il n'y a qu'une seule réponse possible. La personne pourrait par exemple régler le thermostat à une température plus élevée au lieu d'enfiler un chandail. Son système de régulation de la température interne est donc un système orienté par objectif puisqu'il peut émettre plus d'une réponse. Par contre le système de chauffage sera dit "orienté vers un but" car il ne peut manifester qu'une seule réponse, c'est-à-dire chauffer, et ne peut agir sur l'isolation de la maison par exemple.

En résumé, un but est soit un objet ou une relation externe au système qui cherche à obtenir cet objet ou relation, ou soit un objet ou une relation qui provoque un et un seul comportement du système. Le but sert l'objectif, ce dernier étant défini comme le maintien d'un arrangement de valeurs qui décrivent l'état interne du système. Cependant on appellera "système orienté par objectif" uniquement les systèmes capables de plusieurs réponses. Aussi le système de chauffage pris en exemple est un système orienté vers un but, même si ce but est le maintien d'un arrangement interne de relations, car pour maintenir la valeur de l'état de la température, le système ne peut manifester qu'une seule réponse. Par ailleurs

un système orienté par objectif peut manifester des comportements orientés vers un but, comme par exemple la personne qui a pour but de trouver et d'enfiler un chandail. Selon Sagasti (1970), il s'agit là de la différence essentielle entre ces deux types de systèmes. Les systèmes orientés par objectif peuvent présenter différentes réponses et peuvent choisir le but à atteindre en fonction de l'objectif poursuivi, alors qu'un système orienté vers un but ne peut aucunement modifier de lui-même ce but.

Les systèmes homéostatiques s'opposent au changement par tous les moyens mis à leur disposition (Rosnay, 1975). Ils résistent aux perturbations extérieures qui les éloignent de leur état à maintenir (Rapoport, 1970, 1972; Weinberg, 1972). Aussi les systèmes orientés par objectif auront-ils tendance à offrir plus de résistance que les systèmes orientés vers un but puisqu'ils ont plusieurs ripostes possibles face aux perturbations. Plus un système ouvert est complexe, au sens où il dispose d'une plus grande variété de moyens, plus il a tendance à être stable. Un système de climatisation par exemple, muni en plus de la fournaise d'un humidificateur, d'un refroidisseur et d'un ionisateur d'air pourra mieux faire face au changement climatique qu'une simple fournaise. D'autre part on ne peut pas dire d'un système fermé qu'il offre une plus grande résistance aux perturbations en relation avec son degré de complexification car par définition il ne poursuit aucun objectif, ne maintient aucun état et ne possède aucune boucle de rétroaction. Le système homéostatique pour sa part résiste justement aux perturbations qui pourraient modifier l'arrangement spécifique des valeurs que peuvent prendre les variables prises en considération pour décrire l'état interne correspondant à son objectif. Par ailleurs ce type de système ne résiste pas mieux aux modifications intrinsèques que subissent ses éléments. Ainsi que nous l'avons vu, un système de chauffage ne peut directement offrir de résistance à la rouille qui ronge ses éléments. En tant que système, il ne présente que la résistance de ses éléments, comme tout système fermé. Cependant un système ouvert complexe peut avoir pour but le contrôle des valeurs de certaines variables d'état de l'environnement et ainsi obtenir un contrôle indirect sur sa propre survie comme objet, du moins si la survie constitue un objectif du système. Par exemple, les concepteurs d'un système de climatisation auraient pu inscrire au programme de l'appareil l'objectif de maintenir au mieux l'état actuel de ses composants, en lui donnant la possibilité d'avoir pour but le contrôle optimal de l'humidité ambiante afin de lutter contre la rouille. C'est en s'assurant le contrôle de son environnement qu'un système ouvert complexe assure sa survie: le castor construit des barrages; l'homme

porte des vêtements et invente des moyens de se chauffer; des entreprises directement compétitrices cherchent à s'éliminer mutuellement, ou encore s'il s'agit de très grosses entreprises, elles peuvent se partager le marché afin d'éliminer les autres compagnies plus petites, etc.

Les systèmes ouverts possèdent de plus, ainsi que nous l'avons vu, une autre caractéristique, l'équifinalité. Elle désigne le fait que l'évolution d'un système peut converger toujours vers un même but ou objectif quelque soit son état initial (Rapoport, 1970-1972; Weinberg, 1972). Peu importe son point de départ (-10°C, 0°C, 10°C, 30°C ou 40°C), un système de climatisation tendra vers 20°C si c'est là son objectif (il est ici question d'objectif plutôt que de but parce qu'un système de climatisation possède plus d'une réponse pour maintenir son état). L'équifinalité est la capacité d'atteindre le but indépendamment de la position de départ et l'homéostasie est la capacité de s'y maintenir.

En conclusion, si la notion de finalité (objectif et but) n'ajoute rien à la compréhension des systèmes fermés, elle permet par contre de mettre en perspective la causalité des systèmes ouverts pour une meilleure compréhension du fonctionnement de ceux-ci.

Conclusion et perspectives

Avant toute chose, ce travail révèle qu'une étude attentive des divers emplois des concepts de la théorie des systèmes peut aplanir les difficultés d'ordre sémantique qu'a apporté la "personnalisation" des termes dénoncée par Hartley (1969). Ces difficultés, nous l'avons vu, peuvent être surmontées en focalisant sur les aspects dynamiques de la réalité observée. La théorie des systèmes est une théorie générale des processus abstraits. Il en découle que le système n'est pas tant l'objet d'étude principal qu'un outil nécessaire afin de percevoir les relations et leur dynamique. Le système pris comme entité perçue constitue la toile de fond sur laquelle se dessinent les interrelations.

La démarche à teneur épistémologique entreprise avec ce mémoire appelle une étude plus exhaustive du champ conceptuel de la pensée systémique. Une telle étude nécessiterait plusieurs travaux comme celui-ci. Un grand nombre de concepts, qu'il serait certainement intéressant et profitable d'approfondir, restent inexplorés. L'utilisation des notions de complexité, dynamique, énergie, entropie, environnement, flux, information, limites d'un système, matière,

relations, réponses et variables, dans des domaines divers provoque un manque d'uniformité dans leurs définitions respectives. Une méconnaissance de leurs rapports avec l'ensemble de la charpente conceptuelle du point de vue systémique subsiste.

Les correspondances entre information, matière et énergie se présentent comme particulièrement riches en ce sens que l'information nécessite un support matériel ou énergétique, et que de même, l'énergie ne peut exister sans matière et réciproquement. Par exemple l'écriture a besoin d'encre et de papier et le traitement de données par ordinateur a besoin à son tour de différences de potentiel électrique. D'autre part les connexions entre les concepts d'environnement et de limites d'un système semblent receller encore quelques enchevêtrements obscurs, particulièrement dans le cas des systèmes abstraits. Ainsi, où commence et où finit un arrangement relationnel donné, la grammaire, par rapport à un autre plus fondamental, la linguistique?

A titre d'indication pour de futures études, les auteurs suivants ont exploré les réalités que désignent les multiples notions mentionnées précédemment: Braham (1973), Couffignal (1972), Gottinger (1977), Plante (1969), Rosnay (1975), van Gigch (1974), Wilden (1972) pour "complexité"; Delattre (1971), Feibleman et Friend (1945), Nagel (1956), Popper (1973), Rapoport (1970, 1972), Reynolds (1974), Sagasti (1970), Selznick (1948) pour "dynamique"; Braham (1973), Meister (1976), Miller (1965), Plante (1969), Popper (1973), Wilden (1972) pour "énergie" et "matière"; Bertalanffy (1950, 1968), Braham (1973), Iberall (1970), Katz et Kahn (1966), Miller (1965), Parkman (1972), Plante (1969), Rosnay (1975), van Gigch (1974), Wilden (1972) pour "entropie"; Braham (1973), Churchman (1968), Emery et Trist (1965), Feibleman et Friend (1945), Nagel (1956), Plante (1969), Popper (1973), Sachs (1976), Sagasti (1970), van Gigch (1974), Wilden (1972) pour "environnement"; Mesarovic (1972), Popper (1973), Rapoport (1972), Rosnay (1975), van Gigch (1974) pour "flux"; Ackoff et Emery (1971), Ashby (1972), Batista (1977), Grinker (1974), Peterfreund et Schwartz (1971), van Gigch (1974), Vickers (1970) pour "information"; Reynolds (1974), Sagasti (1970), van Gigch (1974), Weinberg (1975) pour "limites"; Braham (1973), Feibleman et Friend (1945), Miller (1965), Popper (1973), Reynolds (1974), Sachs (1976), Sagasti (1970), Sommerhoff (1969) pour "relations"; Sachs (1976) et Sommerhoff (1969) pour "réponses"; Delattre (1971), Miller (1965), Popper (1973) et Reynolds (1974) pour "variables".

Malgré ses limites, ce travail permet de dégager d'éventuelles pistes de recherche à propos des applications possibles de la théorie générale des systèmes en psychologie. Cependant il ne s'agit pas ici ni de dégager ces nouvelles avenues ni d'en explorer les tendances et ramifications, mais plutôt d'en indiquer l'existence.

La pensée systémique vise, comme nous l'avons vu, une réalité qui transcende la spécificité propre à chaque discipline ou école. Elle transcende la nature concrète (physique, biologique, psychologique, sociale, etc.) de l'objet étudié. En ce sens elle possède un grand pouvoir d'unification du savoir. Aussi, en autant que la personne humaine puisse être conçue en termes de système, la théorie systémique est potentiellement en mesure d'intégrer la mosaïque des multiples développements de la psychologie. En conséquence une première tâche consiste à vérifier si la personne peut être conçue comme un système. Plusieurs auteurs ont travaillé à cette tâche: Allport (1960), Angyal (1941), Beckett (1973), Bertalanffy (1968), Bronfenbrenner (1977), Buckley (1968), Grinker (1956), Hould¹, Kremyanskiy (1958), Kuhn (1977), Laszlo (1972), Lewin (1936), Mandler (1975), Perls (1973), Peterfreund et Schwartz (1971), Wilden (1972), Zifferblatt (1972). Ils ont montré qu'il était possible non seulement de concevoir la personne comme un système mais aussi de tirer profit de l'ensemble des notions de la théorie des systèmes. Ils nous révèlent précisément que la personne humaine possède toutes les caractéristiques d'un système ouvert. Elle importe de l'énergie, de la matière et de l'information. Elle les transforme de façon à les rendre accessibles. Elle exporte les produits et résidus de ces transformations, ce qui correspond à une élévation de l'entropie environnementale. Les activités de nutrition et de respiration font preuve de l'absorption de matière et d'énergie. De même, entendre, lire, toucher servent à l'enregistrement de l'information. Ainsi l'information est codée, les aliments et l'air sont transformés; il y a production et pollution. De plus la personne manifeste une forte entropie négative. Elle entropose matière et énergie sous forme d'os, de muscles, de glucides, etc. Selon plusieurs (Berne, 1947; Haman, 1979; Lowen, 1967, 1970) la personne entroposerait une énergie "nerveuse" ou "psychologique" sous forme de tension musculaire, ce qui correspondrait à une mémoire émotive en parallèle avec la mémoire symbolique qui emmagasine de l'information. La personne a aussi la faculté d'utiliser les retours d'informations en provenance de l'environnement et concernant son propre comportement. Elle

se sert de plusieurs formes de rétroaction pour atteindre et maintenir ses objectifs tant sur le plan corporel que psychologique. On peut se rappeler l'exemple de la température du corps maintenue par homéostasie. De même, la communication entre les êtres est constituée de multiples boucles de rétroaction. Par exemple, Laing (1961, 1967) a montré combien la réponse de l'entourage à la simple présence d'une personne est essentielle au sain développement de cette personne. Bateson (1972), Watzlawick, Helmick-Beavin et Jackson (1967) ont montré pour leur part comment l'interaction entre les divers niveaux de communication est essentielle à l'émergence du sens pour chacun des interlocuteurs. Le modèle skinnerien (Skinner, 1971) de renforcements positifs et négatifs s'accorde aussi avec le principe de la rétroaction. C'est comme s'il s'agissait dans ce cas d'une étude de l'impact comportemental des rétroactions utiles, nuisibles ou superflues. Finalement les auteurs du courant humaniste, de Rogers (1968, 1973) jusqu'à Egan (1975) en passant par Perls (1973), ont cherché à identifier et à développer des formes de rétroaction nécessaires à la saine croissance de l'organisme humain. En outre la personne offre des résistances au changement, elle est homéostatique. Rappelons qu'un système ouvert homéostatique utilise tous les moyens à sa disposition pour contrer les influences extérieures (Rosnay, 1975). Analogiquement ce phénomène est très près de la notion de résistance employée en psychologie depuis Freud jusqu'à nos jours. Par ailleurs l'organisme humain manifeste une grande spécialisation et différenciation de ses parties en sous-systèmes (oeil, coeur, cerveau, etc.), ainsi qu'une extrême polyvalence dans le choix des moyens à prendre par rapport à un objectif.

Si la personne peut effectivement être considérée comme un système ouvert, comme le montre cette sommaire rétrospective, alors les concepts de la pensée systémique peuvent être appliqués de façon déductive à l'étude de son fonctionnement. Cependant, nous avons vu qu'une démarche rétroactive entre la déduction et l'induction apparaissait plus féconde. Aussi il serait souhaitable que d'autres recherches fassent un bilan des applications directes déjà faites des notions systémiques à la compréhension du fonctionnement de la personne humaine, afin de les confronter aux théories psychologiques conventionnelles induites jusqu'à maintenant. La théorie générale des systèmes, parce qu'elle focalise sur les relations et les opérations plutôt que sur les éléments, offre l'opportunité d'intégrer les aspects physiologiques, comportementaux et psychiques de la personne. Les notions de structure et de fonctions par exemple ont en ce sens un grand pouvoir heuristique. A titre d'indication, les dimensions physiologiques de l'organisme correspondent analogiquement à de lents processus structuraux qui évoluent (vieillissent)

1 R. Hould (1978). Analyse systémique de l'expérience humaine. Monographie inédite.

au cours du temps, et qui pourvoient et soutiennent des structures psychiques (perception, motivation, ou à un autre niveau: les modèles de personnalité dépendante, contredépendante, anale, orale, paranoïde, schizophrénique, etc.) lesquelles à leur tour pourvoient aux aspects fonctionnels (momentanés) du comportement. Dans cette ligne de pensée, les travaux de Arbib (1972), Audisio (1978), Mandler (1975), Peterfreund et Schwartz (1971), Powers (1973), pour n'en citer que quelques-uns, développent des modèles où cybernétique et système sont pris en considération, qu'il serait intéressant de relier avec cette nouvelle grille d'analyse des processus internes de la personne. De même le modèle d'interprétation des psychopathologies élaboré par Millon (1969), où les structures de base de la personnalité se développent et se raffinent constamment en fonction des rapports avec l'environnement sur un continuum qui va de la névrose bénigne à la pathologie terminale, comporte de grandes affinités avec une analyse systémique de la réalité psychologique en termes de processus structuraux et fonctionnels interdépendants.

Ainsi donc il devient plausible que la mosaïque théorique de la psychologie actuelle puisse un jour être rassemblée pour une meilleure compréhension de cette fameuse "boîte noire" qu'est la personne humaine. Le mariage de l'esprit systémique et des théories psychologiques réapparaît maintenant comme une excellente voie vers la réunification des tendances actuelles de la connaissance et vers la création d'un modèle de la personne fonctionnel et fructueux.

Remerciements

L'auteur tient à remercier tout spécialement monsieur Dominique Erpicum, D.Ps., professeur agrégé de l'Université de Montréal pour la confiance et l'ouverture d'esprit dont il a fait preuve, et aussi monsieur Yves Saint-Arnaud, Ph.D., pour ses avis éclairés.

Références

- Ackoff, R. L., Emery, F.E. (1971). On ideal-seeking systems. *General systems*, 17, 17-24.
- Allport, G.W. (1955). *Becoming : basic consideration for a psychology of personality*. New Haven : Yale University.
- Allport, G.W. (1960). The open system in personality theory. *Journal of abnormal and social psychology*, 61, 301-310.
- Angyal, A. (1941). A logic of systems, in F.E. Emery (Ed.) : *Systems thinking* (pp. 1729). Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.
- Arbib, M.A. (1972). *The metaphorical brain*. New York : Wiley-interscience.
- Ashby, W.R. (1972). Systems and their informational measures, in Klir (Ed.) : *Trends in general systems theory* (pp.78-97). New York : Wiley-interscience.
- Audisio, M. (1978). *Psychisme et biosynthèse*. Toulouse : Privat.
- Bandura, A. (1969). *Principles of behavior modification*. New York : Holt, Rinehart & Winston.
- Bateson, G. (1972). *Vers une écologie de l'esprit*, tome 1. Paris : Seuil, 1977.
- Battista, J.R. (1977). The haliste paradigm and general systems theory. *General systems*, 22, 65-71.
- Beckett, J.A. (1973). General systems theory, psychiatry and psychotherapy. *International journal of group psychotherapy*, 23, 292-305.
- Berne, E. (1947). *Psychiatrie et psychanalyse à la portée de tous*. Paris : Fayard, 1971.
- Bertalanffy, L. von (1950). The theory of open systems in physics and biology, in F.E. Emery (Ed.) : *Systems thinking* (pp. 70-85). Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.
- Bertalanffy, L. Von (1968). *Théorie générale des systèmes*. Paris : Dunod.

- Bertalanffy, L. von (1972). The history and status of general systems theory, in Klir (Ed.) : *Trends in general systems theory* (pp. 21-41). New York : Wiley-interscience.
- Braham, M. (1973). A general theory of organization. *General systems*, 18, 13-23.
- Bronfenbrenner, U. (1977). Toward an experimental ecology of human development. *American psychologist*, 513-531.
- Buckley, W. (1968). *Modern systems research for the behavioral scientist*. Chicago : Aldine.
- Churchman, C. W. (1968). *Qu'est-ce que l'analyse par les systèmes ?* Paris : Dunod, 1974.
- Couffignal, L. (1972). *La cybernétique*. Paris : Presses Universitaires de France.
- David, A. (1965). *La cybernétique et l'humain*. Paris : Gallimard.
- Delattre, P. (1971). *Système, structure, fonction, évolution*. Paris : Maloine-Doin.
- Egan, G. (1975). *The skilled helper*. Monterey : Brooks/Cole.
- Emery, F. E. (Ed.) (1969). *Systems thinking*. Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.
- Emery, F.E., Trist, E.L. (1965). The causal testure of organizational environment, in F.E. Emery (Ed.) : *Systems thinking* (pp. 241-251). Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.
- Feibleman, J., Friend, J.W. (1945). The structure and fonction of organization, in F.E. Emery (Ed.) *Systems thinking* (pp. 30-55). Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.
- Finsterbusch, K. (1974). World systems and the theory of national actors. *General systems*, 19, 147-153.
- Gendlin, E.T. (1964). *Une théorie du changement de la personnalité*. Montréal : C.I.M., 1972.
- Gottinger, H.W. (1977). Toward and algebraic theory of complexity in dynamic systems. *General systems*, 22, 73-83.
- Gray, W., Rizzo, N.D., Duhl, F.D. (Ed.) (1968). *General systems theory and psychiatry*. Boston : Little Brown.
- Grinker, R.R. (Ed.) (1967). *Toward a unified theory of human behavior*. New York : Basic Books.
- Grinker, R.R. (1974). In memory of Ludwig von Bertalanffy's contribution to psychiatry. *General systems*, 19, 51-58.
- Haman, A. (1978). L'abandon corporel. *La santé mentale au Québec*, 3, 85-96.
- Hartley, H. J. (1969). Limitations of systems analysis. *Phil Delta Kappan*, 9, 515-519.
- Iberall, A.S. (1970). On the general dynamics of systems. *General systems*, 15, 7-13.
- Kammler, H. (1974). Formal modes vs. real modes : tools of inquiry in international relations. *General systems*, 19, 135-146.
- Katz, D., Kahn, R.L. (1966). Common characteristics of open systems, in F.E. Emery (Ed.) : *Systems thinking* (pp. 86-104). Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.
- Kelly, J.G. (1968). Toward an ecological conception of preventive interventions, in J.W. Carter (Ed.) : *Research contributions from psychology to community mental health* (pp. 76-99). New York : Behavioral Publications.
- Klir (Ed.) (1972). *Trends in general systems theory*. New York : Wiley-interscience.
- Kowhler, W. (1938). Closed and open systems, in F.E. Emery (Ed.) : *Systems thinking* (pp. 59-69). Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.
- Kremyanskiy, V.I. (1958). Certain peculiarities of organisms as "System" from point view of physic, cybernetics and biology, in F.E. Emery (Ed.) : *Systems thinking* (pp. 125-146). Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.
- Kuhn, A. (1977). Dualism reconstructed. *General systems*, 22, 91-97.
- Laing, R.D. (1961). *Soi et les autres*. Paris : Gallimard, 1971.
- Laing, R.D. (1967). *La politique de l'expérience*. Paris : Stock, 1969.

- Laszlo, E. (1972). *The systems view of the world*. New York : George Braziller.
- Lewin, K. (1936). *Psychologie dynamique*. Paris : Presses Universitaires de France, 1959.
- Lowen, A. (1967). *Le corps bafoué*. Paris : Tchou, 1976.
- Lowen, A. (1970). *Le plaisir*. Paris : Tchou, 1976.
- Mandler, G. (1975). *Mind and emotion*. New York : John Wiley & Sons.
- Maslow, A. H. (1968). *Vers une psychologie de l'être*. Paris : Fayard , 1972.
- Meister, D. (1976). *Behavioral foundations of system development*. New York : John Wiley & Sons.
- Menniger, K., Mayman, M., Pruyser (1963). *The vital balance*. New York: Viking Press.
- Mesarovic, M. D. (1972). A mathematical theory of general systems, in Klir (Ed.) : *Trends in general systems theory* (pp.251-269) New York: Wiley-interscience.
- Miller, J.G. (1965). Living systems : basic concepts. *Behavioral science*, 10, 193-237.
- Millon, T. (1969). *Modern psychopathology*. Philadelphia : W.B. Saunders.
- Milsum, J.H. (1972). The hierarchical basis for general living systems, in Klir (Ed.) : *trends in general systems theory* (pp. 145-187) New York : Wiley-interscience.
- Monod, J. (1970). *Le hasard et la nécessité*. Paris : Seuil.
- Nagel, E. (1956). A formalisation of fonctionalism, in F. E. Emery (Ed.) : *Systems thinking* (pp. 297-329). Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.
- Orchard, R.A. (1969). On an approach to general systems theory, in Klir (Ed.) : *Trends in general systems theory* (pp. 205-250). New York: Wiley-interscience.
- Parkman, R. (1972). *The cybernetic society*. New York : Pergamon Press.

- Parsons, T. (1968). Social systems, in Sills (Ed.) : *International encyclopedia of the social sciences* (pp. 458-473). New York: MacMillan.
- Perls, F. (1973). *The gestalt approach*. Ben Lomond : Science and behavior.
- Peterfreund, E., Schwartz, J.T. (1971). *Information, systems and psychoanalysis*. New York: International Universities Press.
- Plante, G. (1969). Théorie systémique - approche systémique, in *L'opération départ (Montréal)*, livre V, (pp. 6-47). Québec: Ministère de l'Education du Québec.
- Popper (1973). *La dynamique des systèmes*. Montréal : Presses de l'Université du Québec.
- Powers, W.T. (1973). *Behavior : the control of perception*. Chicago: Aldine.
- Rapoport, A. (1968c). General systems theory, in Sills (Ed.) : *International encyclopedia of the social sciences* (pp. 452-458). New York : MacMillan.
- Rapoport, A. (1972). The uses of mathematical isomorphism in general system theory, in Klir (Ed.) : *Trends in general systems theory* (pp. 42-77). New-York : Wiley-interscience.
- Rapoport, A. (1970). Modern systems theory - an outlook for coping with change. *General systems*, 15, 15-25.
- Reich, W. (1933). *La psychologie de masse du fascisme*. Paris: Petite bibliothèque Payot, 1972.
- Reynolds, W.E. (1974). The analysis of complex behavior: a qualitative systems approach. *General systems*, 19, 73-84.
- Rogers, C.R. (1968). *Le développement de la personne*. Paris : Dunod, 1972.
- Rogers, C.R., Kinget, M.G. (1973). *Psychothérapie et relations humaines*. Montréal : Institut de recherche psychologique.
- Rosnay, J. de (1975). *Le microscope*. Paris : Seuil.
- Sachs, W.M. (1976). Toward formal fondations of teleological systems science. *General systems*, 21, 145-153.

Sadovsky, Y.N. (1972). General systems theory : its tasks and methods of construction. *General systems*, 17, 171-179.

Sagasti, F. (1970). A conceptual and taxonomic framework for the analysis of adaptative behavior. *General systems*, 15, 151-160

Schultz, D. (1975). *A history of modern psychology*. New York : Academic Press.

Selznick, P. (1948). Foundations of the theory of organization. in F. E. Emery (Ed.) : *Systems thinking* (pp.261-280). Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.

Skinner, B.F. (1971). *Par delà la liberté et la dignité*. Montréal : H.M.H. - Laffont.

Sommerhoff, G. (1969). The abstract characteristics of living systems in F.E. Emery (Ed.) : *Systems thinking* (pp. 147-204). Middlesex, England : Penguin Education Harmondsworth.

Van Gigch, J.P. (1974). *Applied general systems theory*. New York: Harper and Row.

Vickers, G. (1970). A classification of systems. *General systems*, 15, 3-6.

Watzlawick, P., Helmick-Beavin, Jackson, D. (1967). *Une logique de la communication*. Paris : Seuil, 1972.

Weinberg, G.M. (1972). A computer approach to general systems theory, in Klir (Ed.) : *Trends in general systems theory* (pp. 98-141). New York : Wiley-interscience.

Weinberg, G.M. (1975). *An introduction to general systems thinking*. New York : Wiley-interscience.

Weiss, P.A. (1958). Concepts of biology. *Behavioral science*, 3, 92-215.

Wilden, A. (1972). *System and structure*. London : Harper & Row.

Zifferblatt, S.M. (1972). Behavior system, in C.E. Thorsen (Ed.): *Behavior modification in education* (pp. 317-350). Chicago: National society for the study of education.